

INSTITUTO BOLIVIANO DE METROLOGÍA IBMETRO



INFORME FINAL

ENSAYO DE APTITUD

Código: EEQ-001-2025 - 01
“PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS”

MATRIZ: AGUA

DIRECCIÓN DE METROLOGÍA
INDUSTRIAL Y CIENTÍFICA – DMIC

Fecha de emisión: 2025-08-26

Elaborado por:	Lic. Jimena Patricia Torrez Quispe	Fecha:	2025-08-25
Revisado y aprobado por:	Lic. Jose Luis Gonzales Quino	Fecha:	2025-08-26

El presente documento ha sido elaborado en la Dirección de Metrología Industrial y Científica del Instituto Boliviano de Metrología

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 2 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

POLÍTICA DEL IBMETRO PARA EL USO DE INFORMES DE ENSAYO DE APTITUD

La política del Instituto Boliviano de Metrología (IBMETRO) como proveedor de Ensayos de Aptitud que cumple con los requisitos de la norma ISO 17043:2023 se centra en asegurar que los informes finales de resultados de Ensayos de Aptitud se utilicen como una herramienta confiable para evaluar y mejorar la competencia técnica de los laboratorios participantes. El IBMETRO se compromete a proporcionar informes claros, imparciales y basados en evidencia, que incluyan los datos necesarios para la toma de decisiones internas de calidad, preservando la confidencialidad y la integridad de la información individual de cada participante.

Los informes finales en su versión preliminar se constituyen en versiones previas cuyo objetivo es que los participantes verifiquen la información contenida y realizar cambios en los mismos según sea necesario. Los informes finales en su versión preliminar no sustituyen al Informe Final.

Un Informe Final, una vez publicado en nuestra página web, no podrá ser cambiado ni se aceptarán observaciones sobre el contenido, salvo que el Sistema de Gestión de Calidad del IBMETRO así lo requiera.

El informe final del Ensayo de Aptitud será enviado a cada participante vía correo electrónico y será publicado en la página web del IBMETRO (www.ibmetro.gob.bo).

Los participantes y partes interesadas pueden solicitar una impresión oficial del Ensayo de Aptitud, el mismo tendrá un costo adicional.

El IBMETRO se reserva el derecho de utilizar la información del presente informe de Ensayo de Aptitud como fuente para publicaciones o labores didácticas, siempre que se respete el anonimato de los participantes.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 3 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	ORGANIZACIÓN	4
3.	UNIDAD DE COORDINACIÓN.....	4
4.	OBJETIVOS	5
5.	ACTIVIDADES DE PROVEEDORES EXTERNOS	5
6.	DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO	5
7.	HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO	6
8.	VALORES DE REFERENCIA	7
9.	CONFIDENCIALIDAD	8
10.	EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO	9
11.	RESULTADOS.....	10
11.1	Ítem de ensayo 1.....	10
11.1.1.	Coliformes totales	10
11.1.2.	Coliformes termotolerantes	13
11.1.3.	<i>Escherichia Coli</i>	15
11.1.4.	Recuento de microorganismos cultivables a 36 °C (heterotróficas)	17
11.2	Ítem de ensayo 2.....	20
11.2.1.	<i>Pseudomona aureginosa</i>	20
12.	LABORATORIOS PARTICIPANTES.....	22
13.	OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS..	23
14.	CONCLUSIONES	24
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 4 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

1. INTRODUCCIÓN

IBMETRO viene organizando rondas de Ensayo de Aptitud dirigido a apoyar a los laboratorios u organismos de inspección que realizan ensayos en la matriz de agua superficial con la finalidad de mejorar las capacidades analíticas y la gestión en organismos de inspección y laboratorios bolivianos.

Para que un laboratorio u organismo de inspección sea considerado competente es necesario que asegure la confiabilidad de sus resultados. La participación regular en programas de ensayos de aptitud es uno de los medios disponibles para que demuestren su desempeño.

La participación en estos programas es un requisito establecido en las normas de competencia técnica para laboratorios de ensayo. También es un requisito exigido por la Dirección Técnica de Acreditación en Bolivia (DTA-CRI-015) y en algunos casos puede ser un requerimiento establecido en la legislación vigente.

2. ORGANIZACIÓN



Dirección de Metrología Industrial y Científica
 Instituto Boliviano de Metrología – IBMETRO
 Unidad de Metrología Química
 La Paz, Municipio de Achocalla, Av. Illimani, Z. Valle Hermoso
 (+591) 72015382; (+591) 71543136
www.ibmetro.gob.bo

3. UNIDAD DE COORDINACIÓN

COMITÉ TÉCNICO – CIENTÍFICO

Lic. Jimena Patricia Torrez Quispe – Coordinador y Responsable técnico del Ensayo de Aptitud

Lic. Julian Morales Alarcon - Responsable Estadístico del Ensayo de Aptitud

Lic. Jose Luis Gonzales – Supervisor de Metrología Química

Ing. Henry Paco Marino – Director de Metrología Industrial y Científica

PERSONAL DE APOYO

Ing. Yamil Acho – Colaborador técnico

Lic. Gilda Cruz Ochoa - Colaborador Técnico

Lic. Fernando Huanca Mamani - Colaborador Técnico

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 5 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

4. OBJETIVOS

- Evaluar el desempeño de los laboratorios e instituciones participantes, proporcionando la oportunidad de realizar comparaciones y tener una valoración independiente de los datos del laboratorio comparados con valores de referencia o con el desempeño de organismos similares en el ensayo propuesto.
- Contribuir en la identificación de problemas de ensayo y/o medición en los organismos, en la implementación, toma y adopción de acciones correctivas.
- Apoyar a los organismos en el cumplimiento de la ISO/IEC 17025 requerido por laboratorios de ensayos.
- Proveer confianza a los clientes de los laboratorios.
- Fortalecer el desarrollo de la infraestructura metrológica boliviana y la confianza de los usuarios de dicha infraestructura.

5. ACTIVIDADES DE PROVEEDORES EXTERNOS

Las muestras utilizadas como ítems para este ensayo de aptitud fueron preparadas por el Laboratorio de Microbiología del Laboratorio Central de EPSAS S.A.

6. DESCRIPCIÓN DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

Identificación	Matriz	Cantidad de Muestra	Parámetros
EEQ-001-2025 Ítem de ensayo 1	Agua de Consumo (Matriz Sintética)	Vial aprox. 10 ml	-Coliformes totales -Coliformes termotolerantes - Escherichia Coli - Recuento de heterotróficos
EEQ-001-2025 Ítem de ensayo 2	Agua de Consumo (Matriz Sintética)	Vial aprox. 3 ml	- <i>Pseudomona Aeruginosa</i>

Tabla 1. Descripción de los ítems de ensayo

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 6 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 09/2025

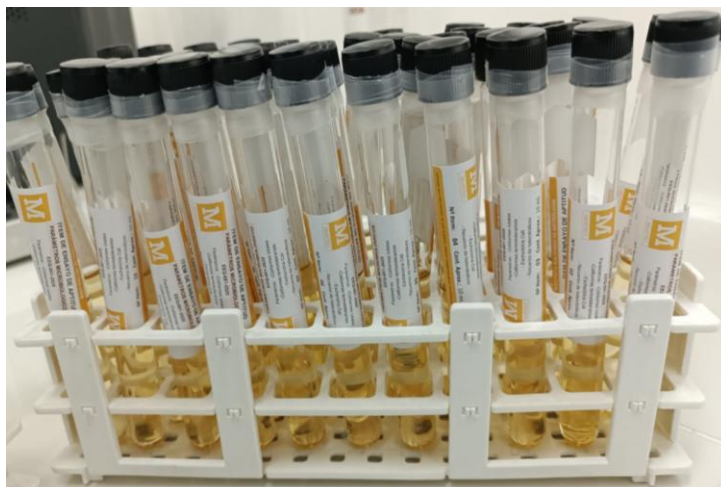


Imagen 1. Ítems de ensayo de microbiología.

7. HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD DE LOS ÍTEMS DE ENSAYO

La homogeneidad y la estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud fueron evaluadas siguiendo los lineamientos de la norma ISO 17043:2023 e ISO 13528:2022 para garantizar que no tengan influencia en la evaluación de la aptitud de los participantes.

Para evaluar la homogeneidad en los ítems de ensayo de aptitud se verifica que la desviación estándar de debido a la inhomogeneidad (s_s) cumpla el siguiente criterio:

$$s_s \leq 0,3 \sigma_{pt} \quad (1)$$

Para evaluar la estabilidad de los ítems de ensayo de aptitud se verifica que la incertidumbre debido a la inestabilidad (u_{stab}) cumpla el siguiente criterio:

$$u_{stab} \leq 0,3 \sigma_{pt} \quad (2)$$

Cuando no se cumpla (1) y/o (2) se procederá de acuerdo a la sección 10, para incluir la incertidumbre del valor asignado en la desviación estándar para evaluación de aptitud σ_{pt} .

Cuando la desviación estándar para la evaluación de aptitud σ_{pt} es calculada como la desviación estándar de los resultados de los participantes, los componentes de la incertidumbre debido a la inhomogeneidad, transporte e inestabilidad están en gran parte reflejados en la variabilidad de los participantes.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 7 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

8. VALORES DE REFERENCIA

El valor asignado x_{pt} para cada uno de los parámetros se obtuvo a partir de la mediana de los resultados, calculada según la siguiente ecuación:

$$Mediana = X_{\frac{n+1}{2}} \quad \text{Si "n" es impar} \quad (3)$$

$$Mediana = \frac{X_{\frac{n}{2}} + X_{\frac{n+1}{2}}}{2} \quad \text{Si "n" es par} \quad (4)$$

Siendo x_i el promedio individual de las mediciones de cada muestra (A y B), el cual fue calculado según la siguiente ecuación:

$$x_i = \frac{Valor_1 + Valor_2}{2} \quad (5)$$

Siendo Valor 1 y Valor 2 los resultados reportados por los laboratorios (para la muestra A y B).

Para estimar la incertidumbre del valor asignado de los ítems de ensayo en los parámetros a evaluar, se considera los siguientes aportes:

$$u(x_{pt}) = \sqrt{u_{char}^2 + u_{hom}^2 + u_{trans}^2 + u_{stab}^2} \quad (6)$$

Dónde:

$u(x_{pt})$ es la incertidumbre estándar del valor asignado.

u_{char} es la incertidumbre estándar de la caracterización.

u_{hom} es la incertidumbre estándar debido a las diferencias entre ítems de ensayo de aptitud ("inhomogeneidad").

u_{trans} es la incertidumbre estándar debido a la inestabilidad causada por el transporte de los ítems de ensayo de aptitud.

u_{stab} es la incertidumbre estándar de la inestabilidad durante el periodo del ensayo de aptitud.

Cuando el valor asignado ha sido calculado por consenso de los datos de participantes, la incertidumbre estándar de cada uno de los valores asignados ha sido estimada mediante la siguiente expresión:

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 8 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

$$u(x_{pt}) = \frac{1,25 * s^*}{\sqrt{p}} \quad (7)$$

Siendo

s^* = desviación estándar robusta

p = Número de Laboratorios participantes en el parámetro.

Cuando el valor asignado y la desviación estándar robusta en (7) son determinados con los datos de los participantes la incertidumbre del valor asignado puede asumirse que incluye los efectos de la incertidumbre debido a la inhomogeneidad, transporte e inestabilidad.

La incertidumbre del valor asignado debe cumplir que:

$$u(x_{pt}) \leq 0,3 \sigma_{pt} \quad (8)$$

Cuando no se cumpla (8) se procederá de acuerdo a la sección 10, para incluir la incertidumbre del valor asignado en la desviación estándar para evaluación de aptitud (σ_{pt}).

Para cada parámetro la dispersión asignada se calculó como la Mediana de la Dispersión Absoluta (MADe), calculada de la siguiente manera:

$$\sigma_{pt} = MAD_e(x) = 1,4826 * med | x_i - med(x) | \quad (9)$$

Dónde:

med =valor de la mediana

x_i =resultados de cada participante

$med(x)$ =mediana de los resultados de cada participante

9. CONFIDENCIALIDAD

Los resultados del Ensayo de Aptitud han sido tratados con absoluta confidencialidad, cada participante fue identificado por un código individual, que solo es conocido por el laboratorio participante y por la coordinación del ensayo.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 9 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

10. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

El tratamiento de los datos para la evaluación del desempeño estará basado en la Norma ISO 13528:2022, "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons". El desempeño de cada laboratorio participante en el Ensayo de Aptitud será evaluado mediante el z-score.

$$z_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sigma_{pt}} \quad (10)$$

Dónde:

x_{pt} = Valor asignado

x_i = Resultado del participante "i"

σ_{pt} = Desviación estándar para la evaluación de la aptitud

Se determinó el valor de z-score para cada laboratorio participante. El desempeño ha sido clasificado como *satisfactorio*, *cuestionable*, *insatisfactorio*, a partir de la interpretación de este parámetro. A menor valor absoluto de "z" mejor es el desempeño del laboratorio.

- Satisfactorios: |z| menor o igual a 2
- Cuestionables: |z| mayor a 2 y menor a 3
- Insatisfactorios: |z| mayor o igual a 3

Cuanto menor sea el valor absoluto de "z", mejor será el desempeño del laboratorio.

Para los parámetros en los que la incertidumbre sea significativa respecto al estimador de la dispersión de los laboratorios y se cumpla que:

$$u(x_{pt}) > 0,3 * \sigma_{pt} \quad (11)$$

Se considerará la incertidumbre para expandir el denominador del estadístico de desempeño. Este estadístico se llama z' y se calcula de la siguiente manera:

$$z'_i = \frac{x_i - x_{pt}}{\sqrt{\sigma_{pt}^2 + u^2(x_{pt})}} \quad (12)$$

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 10 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

Dónde:

x_{pt} = Valor asignado

x_i = Resultado del participante "i"

σ_{pt} = Desviación estándar para la evaluación de la aptitud

$u(x_{pt})$ = Incertidumbre estándar del valor asignado

Para el cálculo de la incertidumbre expandida se considera un factor de cobertura $k=2$.

$$U(x_{pt}) = k * u(x_{pt}) \quad (13)$$

Los resultados reportados fueron transformados usando el logaritmo en base 10 (logaritmo lineal) antes de realizar los análisis estadísticos de acuerdo a lo recomendado en la norma ISO 22117:2019. Esta transformación ayudó a reducir la asimetría y estabilizar la varianza de los datos y realizar un mejor cálculo de los puntajes z/z' para la evaluación de desempeño.

11. RESULTADOS

11.1 Ítem de ensayo 1

11.1.1. Coliformes totales

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Dispersión (σ_{pt}) logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Incertidumbre U_{pt} logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$
Coliformes totales	1,699	0,092	0,044
	Valor UFC/100 ml	Dispersión (σ_{pt}) UFC/100 ml	Incertidumbre U_{pt} UFC/100 ml
	50,00	10,38	4,99

Tabla 2. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 11 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 09/2025

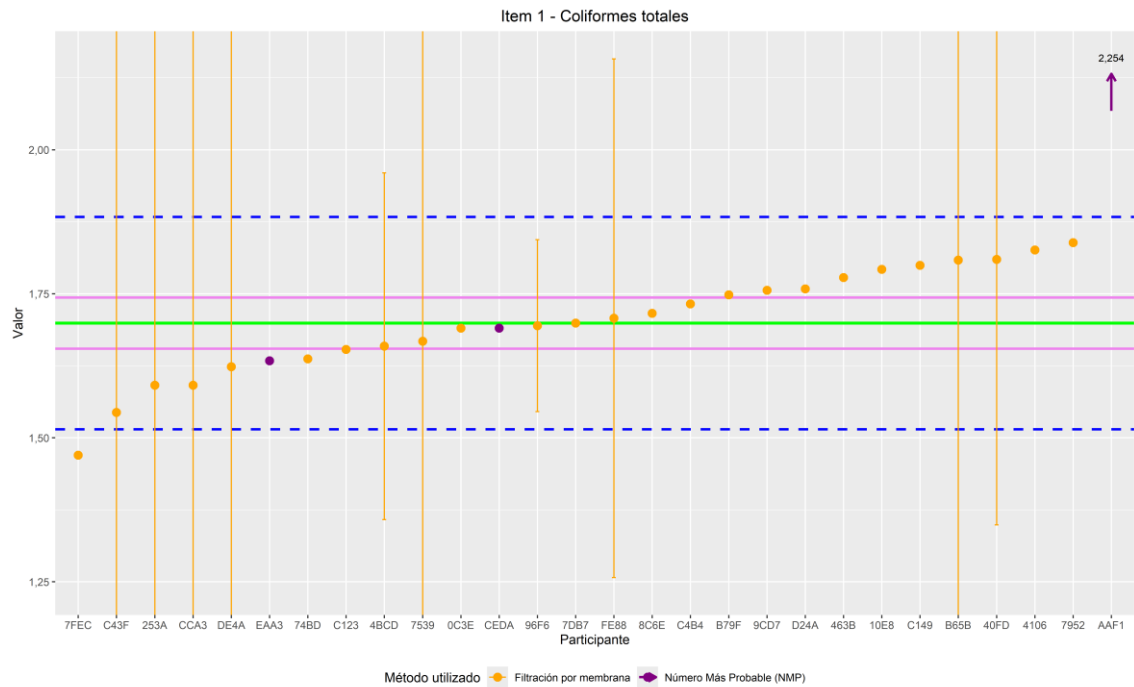


Gráfico 1. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

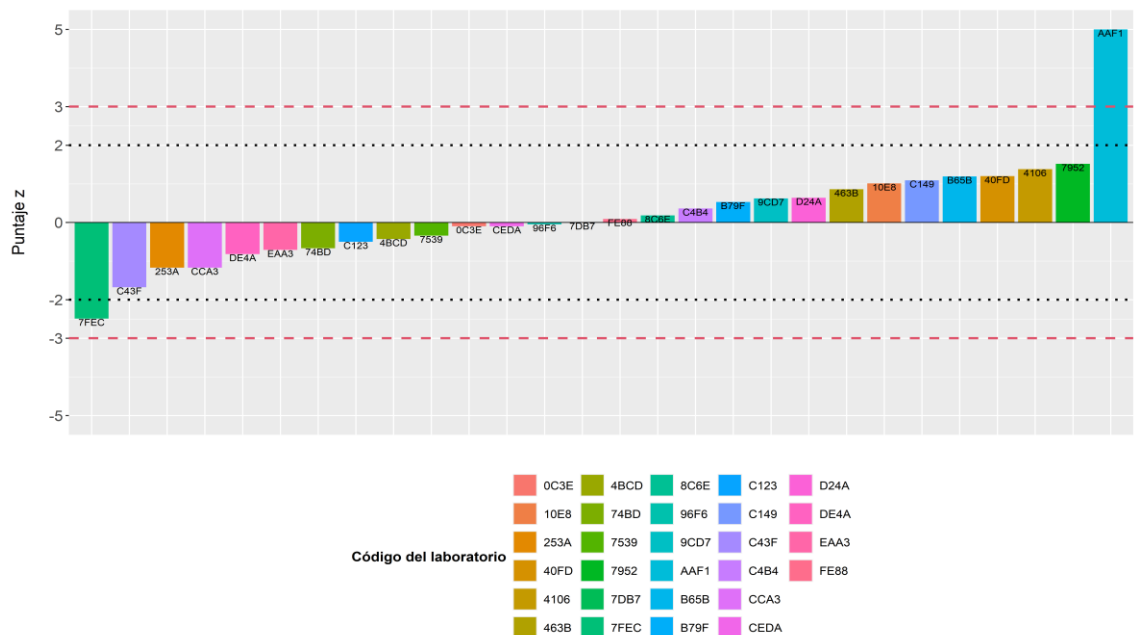


Gráfico 2. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 12 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, Unidades de UFC/100 ml	Logaritmo en base $\log_{10}$(UFC/100 mL)	Puntaje z	Resultado de evaluación
7FEC	29,500	1,470	-2,49	Cuestionable
C43F	35,000	1,544	-1,68	Satisfactorio
CCA3	39,000	1,591	-1,17	Satisfactorio
253A	39,000	1,591	-1,17	Satisfactorio
DE4A	42,000	1,623	-0,82	Satisfactorio
EAA3	43,000	1,633	-0,71	Satisfactorio
74BD	43,333	1,637	-0,67	Satisfactorio
C123	45,000	1,653	-0,50	Satisfactorio
4BCD	45,600	1,659	-0,43	Satisfactorio
7539	46,500	1,667	-0,34	Satisfactorio
0C3E	49,000	1,690	-0,10	Satisfactorio
CEDA	49,000	1,690	-0,10	Satisfactorio
96F6	49,500	1,695	-0,05	Satisfactorio
7DB7	50,000	1,699	0,00	Satisfactorio
FE88	51,000	1,708	0,09	Satisfactorio
8C6E	52,000	1,716	0,18	Satisfactorio
C4B4	54,000	1,732	0,36	Satisfactorio
B79F	56,000	1,748	0,53	Satisfactorio
9CD7	57,000	1,756	0,62	Satisfactorio
D24A	57,330	1,758	0,64	Satisfactorio
463B	60,000	1,778	0,86	Satisfactorio
10E8	62,000	1,792	1,01	Satisfactorio
C149	63,330	1,799	1,09	Satisfactorio
B65B	64,330	1,808	1,19	Satisfactorio
40FD	64,500	1,810	1,20	Satisfactorio
4106	67,000	1,826	1,38	Satisfactorio
7952	69,000	1,839	1,52	Satisfactorio
*AAF1	179,600	2,254	6,03	Insatisfactorio

Tabla 3. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño, * corresponden a valores atípicos, los cuales no fueron considerados en el análisis estadístico.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 13 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 09/2025

11.1.2. Coliformes termotolerantes

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Dispersión (σ_{pt}) logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Incertidumbre U_{pt} logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$
Coliformes termotolerantes	1,690	0,109	0,059
	Valor UFC/100 ml	Dispersión (σ_{pt}) UFC/100 ml	Incertidumbre U_{pt} UFC/100 ml
	49,00	12,85	7,18

Tabla 4. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

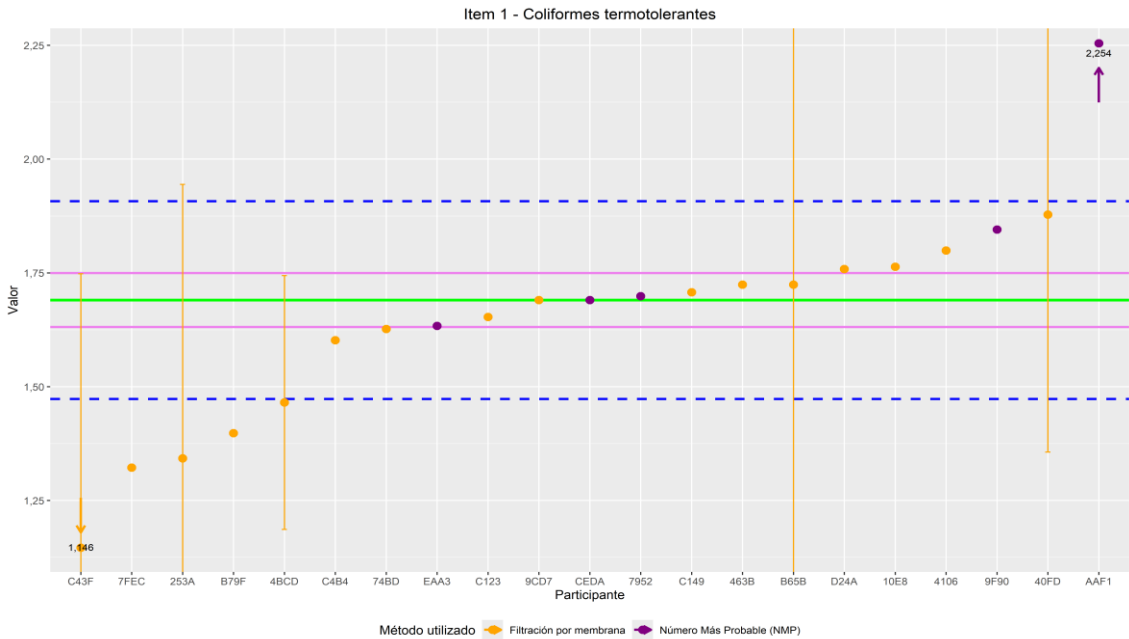


Gráfico 3. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

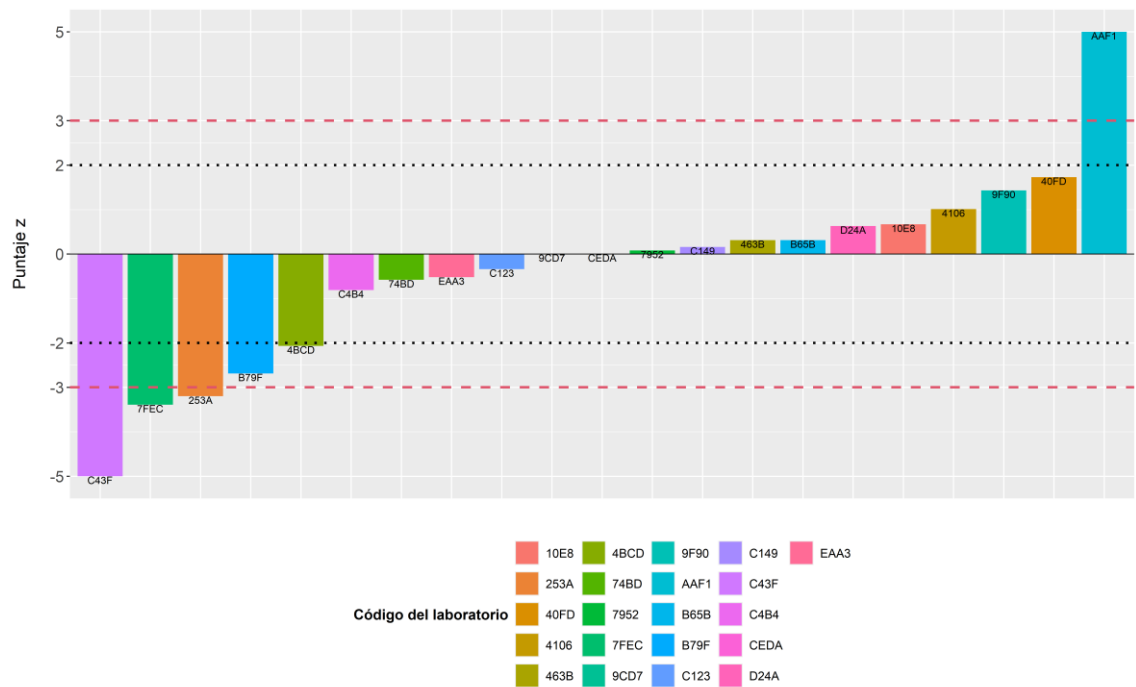


Gráfico 4. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, UFC/100 ml	logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Puntaje z	Resultado de evaluación
C43F	14,000	1,146	-5,01	Insatisfactorio
7FEC	21,000	1,322	-3,39	Insatisfactorio
253A	22,000	1,342	-3,20	Insatisfactorio
B79F	25,000	1,398	-2,69	Cuestionable
4BCD	29,200	1,465	-2,07	Cuestionable
C4B4	40,000	1,602	-0,81	Satisfactorio
74BD	42,333	1,627	-0,58	Satisfactorio
EAA3	43,000	1,633	-0,52	Satisfactorio
C123	45,000	1,653	-0,34	Satisfactorio
9CD7	49,000	1,690	0,00	Satisfactorio
CEDA	49,000	1,690	0,00	Satisfactorio
7952	50,000	1,699	0,08	Satisfactorio
C149	51,000	1,708	0,16	Satisfactorio
463B	53,000	1,724	0,31	Satisfactorio
B65B	53,000	1,724	0,31	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 15 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 09/2025

Participante	Resultado reportado, UFC/100 ml	logaritmo en base 10 $\log_{10}$ (UFC/100 mL)	Puntaje z	Resultado de evaluación
D24A	57,330	1,758	0,63	Satisfactorio
10E8	58,000	1,763	0,67	Satisfactorio
4106	63,000	1,799	1,01	Satisfactorio
9F90	70,000	1,845	1,43	Satisfactorio
40FD	75,500	1,878	1,73	Satisfactorio
*AAF1	179,600	2,254	5,20	Insatisfactorio

Tabla 5. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño, * corresponden a valores atípicos, los cuales no fueron considerados en el análisis estadístico.

11.1.3. *Escherichia Coli*

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor logaritmo en base 10 $\log_{10}$ (UFC/100 mL)	Dispersión (σ_{pt}) logaritmo en base 10 $\log_{10}$ (UFC/100 mL)	Incertidumbre U_{pt} logaritmo en base 10 $\log_{10}$ (UFC/100 mL)
<i>Escherichia Coli</i>	1,630	0,109	0,053
	Valor UFC/100 ml	Dispersión (σ_{pt}) UFC/100 ml	Incertidumbre U_{pt} UFC/100 ml
	42,67	11,61	5,69

Tabla 6. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

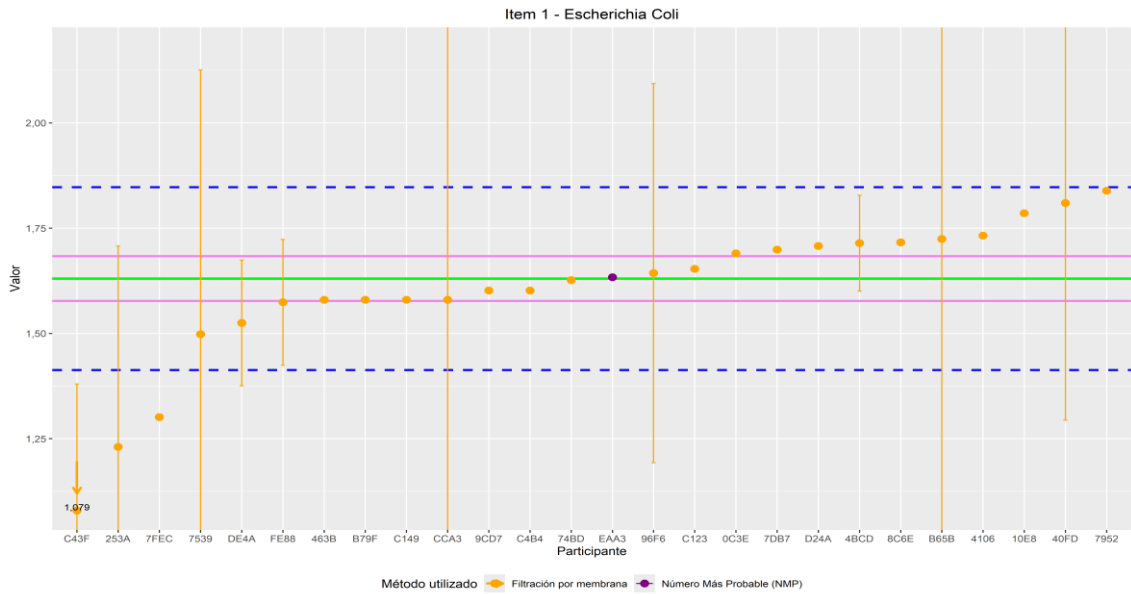


Gráfico 5. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 16 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 09/2025

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

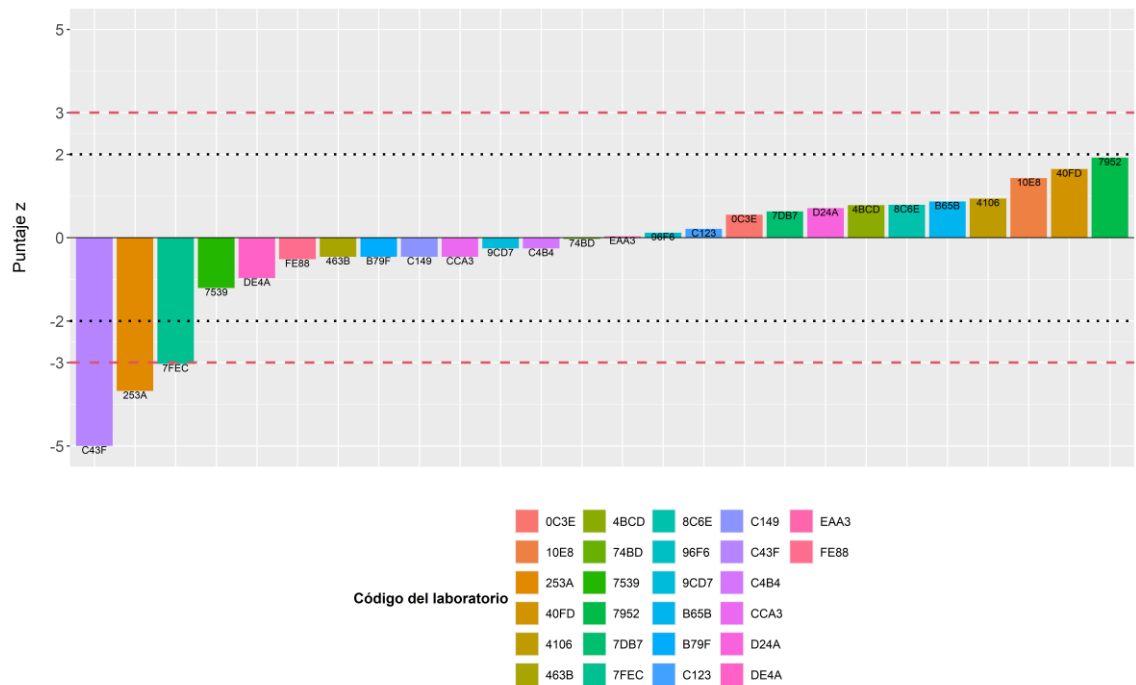


Gráfico 6. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, UFC/ml	logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Puntaje z	Resultado de evaluación
*C43F	12,000	1,079	-5,08	Insatisfactorio
253A	17,000	1,230	-3,68	Insatisfactorio
7FEC	20,000	1,301	-3,03	Insatisfactorio
7539	31,500	1,498	-1,21	Satisfactorio
DE4A	33,500	1,525	-0,97	Satisfactorio
FE88	37,500	1,574	-0,52	Satisfactorio
CCA3	38,000	1,580	-0,46	Satisfactorio
463B	38,000	1,580	-0,46	Satisfactorio
B79F	38,000	1,580	-0,46	Satisfactorio
C149	38,000	1,580	-0,46	Satisfactorio
9CD7	40,000	1,602	-0,26	Satisfactorio
C4B4	40,000	1,602	-0,26	Satisfactorio
74BD	42,333	1,627	-0,03	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 17 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

Participante	Resultado reportado, UFC/ml	logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Puntaje z	Resultado de evaluación
EAA3	43,000	1,633	0,03	Satisfactorio
96F6	44,000	1,643	0,12	Satisfactorio
C123	45,000	1,653	0,21	Satisfactorio
0C3E	49,000	1,690	0,55	Satisfactorio
7DB7	50,000	1,699	0,63	Satisfactorio
D24A	51,000	1,708	0,71	Satisfactorio
4BCD	51,800	1,714	0,78	Satisfactorio
8C6E	52,000	1,716	0,79	Satisfactorio
B65B	53,000	1,724	0,87	Satisfactorio
4106	54,000	1,732	0,94	Satisfactorio
10E8	61,000	1,785	1,43	Satisfactorio
40FD	64,500	1,810	1,65	Satisfactorio
7952	69,000	1,839	1,92	Satisfactorio

Tabla 7. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño, * corresponden a valores atípicos, los cuales no fueron considerados en el análisis estadístico.

11.1.4. Recuento de microorganismos cultivables a 36 °C (heterotróficas)

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/1\text{mL})$	Dispersión (σ_{pt}) logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/1 \text{ mL})$	Incertidumbre U_{pt} logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/1 \text{ mL})$
Recuento de microorganismos cultivables a 36 °C (heterotróficas)	2,464	0,081	0,241
	Dispersión usada en la evaluación:		$\sigma_{pt}' = 0,145$
	Valor UFC/1 ml	Dispersión (σ_{pt}) UFC/1 ml	Incertidumbre U_{pt} UFC/ ml
	291,00	57,82	114,75

Tabla 8. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 18 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 09/2025

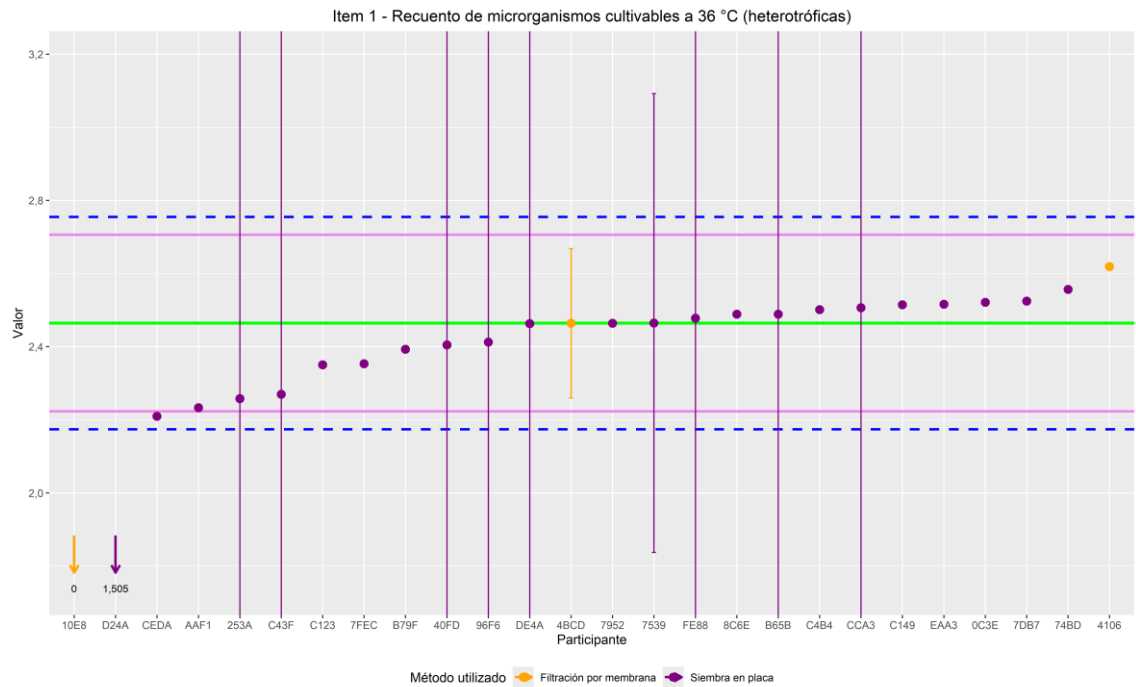


Gráfico 7. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

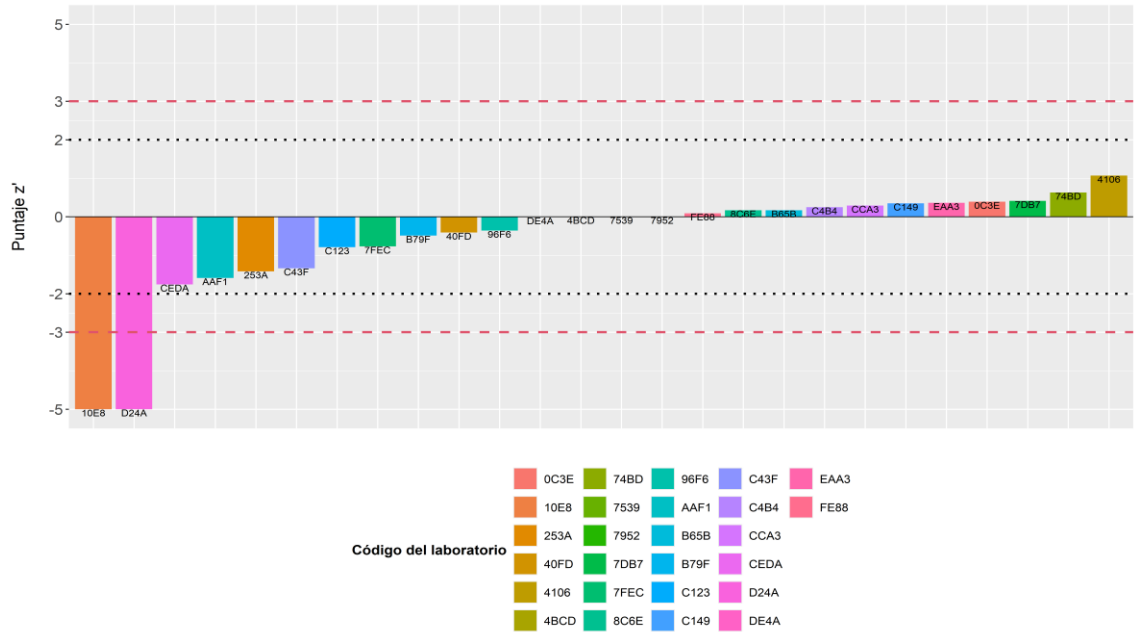


Gráfico 8. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 19 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado UFC/1 ml	logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/1 \text{ mL})$	Puntaje z	Resultado de evaluación
*10E8	1,0	0,000	-16,98	Insatisfactorio
*D24A	32,0	1,505	-6,61	Insatisfactorio
CEDA	162,0	2,210	-1,76	Satisfactorio
AAF1	171,0	2,233	-1,59	Satisfactorio
253A	181,0	2,258	-1,42	Satisfactorio
C43F	186,0	2,270	-1,34	Satisfactorio
C123	224,0	2,350	-0,79	Satisfactorio
7FEC	225,5	2,353	-0,77	Satisfactorio
B79F	247,0	2,393	-0,49	Satisfactorio
40FD	254,0	2,405	-0,41	Satisfactorio
96F6	258,5	2,412	-0,36	Satisfactorio
DE4A	290,5	2,463	-0,01	Satisfactorio
7952	291,0	2,464	0,00	Satisfactorio
4BCD	291,0	2,464	0,00	Satisfactorio
7539	291,5	2,465	0,00	Satisfactorio
FE88	300,5	2,478	0,09	Satisfactorio
B65B	308,0	2,489	0,17	Satisfactorio
8C6E	308,0	2,489	0,17	Satisfactorio
C4B4	317,0	2,501	0,25	Satisfactorio
CCA3	321,0	2,507	0,29	Satisfactorio
C149	327,0	2,515	0,35	Satisfactorio
EAA3	328,0	2,516	0,36	Satisfactorio
0C3E	332,0	2,521	0,39	Satisfactorio
7DB7	334,5	2,524	0,41	Satisfactorio
74BD	360,0	2,556	0,63	Satisfactorio
4106	416,0	2,619	1,07	Satisfactorio

Tabla 9. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño, * corresponden a valores atípicos, los cuales no fueron considerados en el análisis estadístico.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 20 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	Nº de Registro: 09/2025

11.2 Ítem de ensayo 2

11.2.1. *Pseudomona aureginosa*

Parámetro	Valor asignado por consenso		
	Valor logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Dispersión (σ_{pt}) logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Incertidumbre U_{pt} logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$
<i>Pseudomona aureginosa</i>	0,661	0,273	0,145
	Valor UFC/100 ml	Dispersión (σ_{pt}) UFC/100 ml	Incertidumbre U_{pt} UFC/100 ml
	4,5	1,48	0,85

Tabla 10. Valor asignado, estadístico de dispersión para la evaluación de desempeño e incertidumbre expandida.

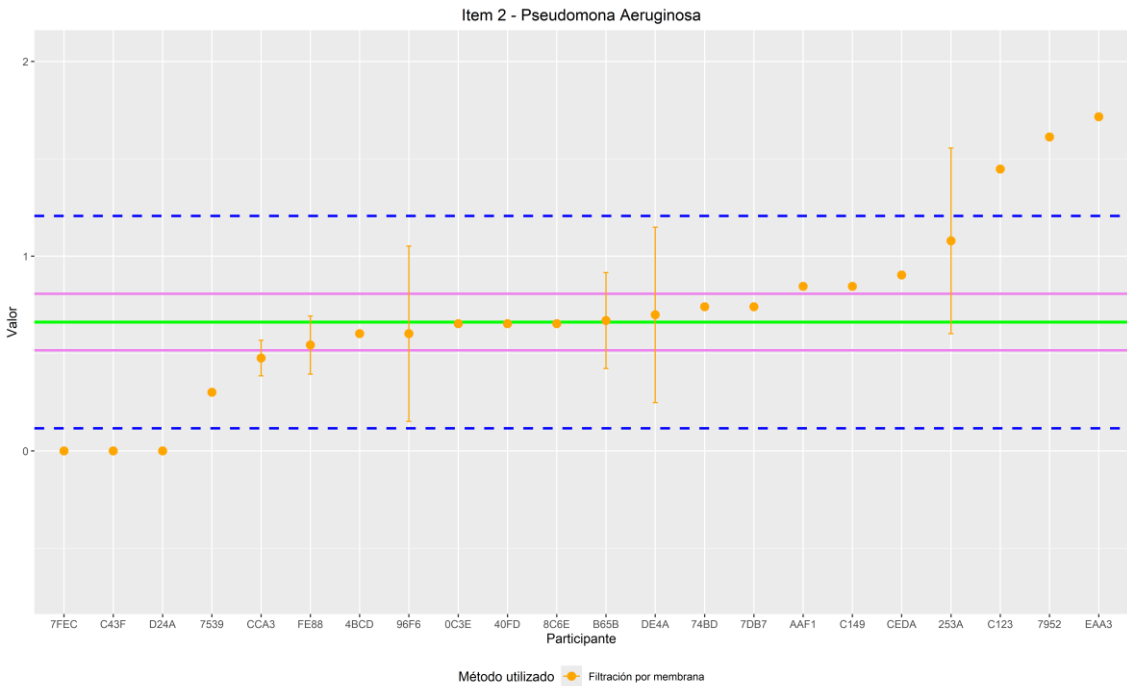


Gráfico 9. Valores reportados por los participantes (puntos negros), incertidumbres asociadas (barras negras), valor asignado (línea verde), estadístico de dispersión multiplicado por 2 (línea segmentada azul) e incertidumbre expandida (línea violeta).

En la siguiente figura se muestran la evaluación del desempeño de los participantes, de forma gráfica.

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 21 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

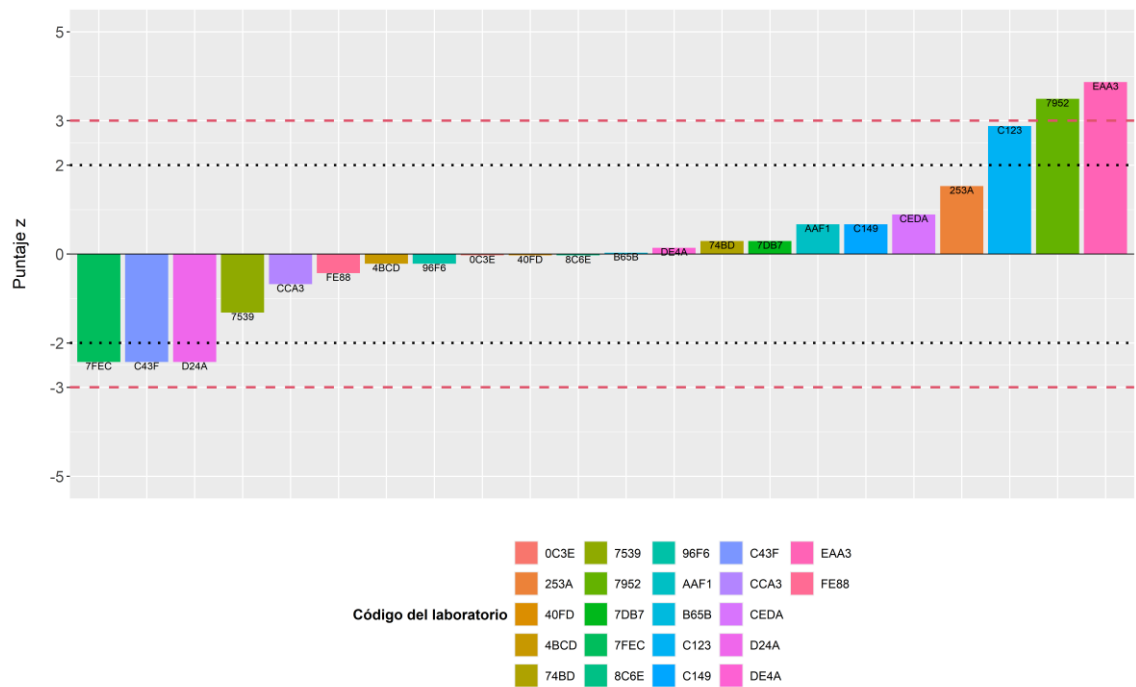


Gráfico 10. Evaluación de desempeño de los participantes (Nota. Los valores insatisfactorios que salen de la escala no son visualizados).

En el siguiente cuadro se resume la información más relevante de la evaluación del desempeño de los participantes.

Participante	Resultado reportado, UFC/100 ml	Logaritmo en base 10 $\log_{10}(\text{UFC}/100 \text{ mL})$	Puntaje z	Resultado de evaluación
D24A	0,00	0,000	-2,43	Cuestionable
7FEC	1,00	0,000	-2,43	Cuestionable
C43F	0,00	0,000	-2,43	Cuestionable
7539	2,00	0,301	-1,32	Satisfactorio
CCA3	3,00	0,477	-0,68	Satisfactorio
FE88	3,50	0,544	-0,43	Satisfactorio
96F6	4,00	0,602	-0,22	Satisfactorio
4BCD	4,00	0,602	-0,22	Satisfactorio
0C3E	4,50	0,653	-0,03	Satisfactorio
40FD	4,50	0,653	-0,03	Satisfactorio
8C6E	4,50	0,653	-0,03	Satisfactorio
B65B	4,67	0,669	0,03	Satisfactorio
DE4A	5,00	0,699	0,14	Satisfactorio
7DB7	5,50	0,740	0,29	Satisfactorio
74BD	5,50	0,740	0,29	Satisfactorio
AAF1	7,00	0,845	0,67	Satisfactorio

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 22 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

Participante	Resultado reportado, UFC/100 ml	Logaritmo en base 10 $\log_{10}$ (UFC/100 mL)	Puntaje z	Resultado de evaluación
C149	7,00	0,845	0,67	Satisfactorio
CEDA	8,00	0,903	0,89	Satisfactorio
253A	12,00	1,079	1,53	Insatisfactorio
C123	28,00	1,447	2,88	Insatisfactorio
7952	41,00	1,613	3,49	Insatisfactorio
EAA3	52,00	1,716	3,87	Insatisfactorio

Tabla 11. Códigos de participantes, resultados reportados, estadístico de evaluación y resultado de la Evaluación de desempeño.

El logaritmo de 0,00 no está definido, ya que no existe ningún número real que, elevado a una base positiva, dé como resultado cero. Por esta razón, en tablas y gráficos se representa como ' $-\infty$ ', indicando que la función tiende a menos infinito sin asignar un valor real inexistente. Para efectos prácticos, se consideró como 0 al logaritmo en base 10 de 0.

12. LABORATORIOS PARTICIPANTES

En este ensayo de aptitud se registró la participación de 19 laboratorios de diferentes departamentos de Bolivia. Es importante resaltar que la numeración de la Tabla 12 es solamente un indicativo del número de laboratorios participantes en el presente Ensayo, no está asociada a los códigos de participación de los laboratorios.

Nº	INSTITUCIÓN	DEPARTAMENTO
1	AQUALAB	Cochabamba
2	BIOCENTER	Santa Cruz
3	CENTRO DE AGUAS Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	Cochabamba
4	DROGUERIA INTI S.A.	La Paz
5	EMPRESA MISICUNI	Cochabamba
6	INSPECCIÓN Y LABORATORIO DE CALIDAD SGLAB S.R.L.	La Paz
7	INSTITUTO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL	La Paz
8	LAAS LAB	La Paz

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 23 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

9	LABORATORIO CENTRAL DE EPSAS S.A.	La Paz
10	LABORATORIO DE BROMATOLOGIA Y AGUAS	Potosí
11	LABORATORIO DE CONTROL DE ALIMENTOS - INLASA	La Paz
12	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE AGUA POTABLE - SAGUAPAC	Santa Cruz
13	LABORATORIO DE MEDIO AMBIENTE - U.A.G.R.M.	Santa Cruz
14	LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA - INDUSTRIAS VENADO LA PAZ	La Paz
15	LABORATORIO DE SALSAS Y CONGELADOS - INDUSTRIAS VENADO SANTA CRUZ	Santa Cruz
16	LABORATORIO INNOVA	La Paz
17	LABORATORY SERVICES LABSER SRL	La Paz
18	SERVICIO MUNICIPAL DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	Cochabamba
19	SERVICIOS DE LABORATORIO PARA ALIMENTOS Y AGUA ALILAB	Cochabamba

Tabla 12. Participantes del Ensayo de Aptitud EEQ-001-2025 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS, MATRIZ: AGUA

13. OBSERVACIONES GENERALES SOBRE EL DESEMPEÑO DE LOS LABORATORIOS

- Todos los laboratorios participantes recogieron los ítems de ensayo y reportaron sus resultados.
- No todos los participantes reportaron la incertidumbre estimada de sus mediciones, se recomienda a los participantes la implementación de la estimación de la incertidumbre de sus mediciones ya que la incertidumbre es un parámetro importante asociado al resultado de una medición, la cual caracteriza la dispersión de los valores que pueden ser razonablemente atribuidos al mensurando.
- De acuerdo a lo recomendado por la norma ISO 22117:2019, se realizó el cálculo del logaritmo en base 10 de las mediciones reportadas por los participantes antes de realizar la evaluación de desempeño. Esto se realiza con el fin de normalizar la distribución estadística de los valores reportados y asegurar la adecuación estadística para la evaluación del desempeño de los participantes con el puntaje z y puntaje z'.
- Se ha verificado que no hay una diferencia significativa entre los diferentes métodos de medición utilizados. Por tanto, se realizó una evaluación

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 24 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

conjunta de todos los resultados de medición independientemente de los métodos de medición reportados.

14. CONCLUSIONES

- Se utilizó el puntaje z o z' según fue adecuado, para la evaluación del desempeño, los cuales se calcularon según lo descrito en el punto 8 "evaluación de desempeño" de este informe.
- Se logró brindar a los participantes una herramienta para evaluar su desempeño y demostrar su competencia técnica para realizar los ensayos en determinación de parámetros microbiológicos en la matriz de agua.
- El diseño estadístico y los criterios de evaluación utilizados por el IBMETRO como proveedor fueron adecuados para el propósito del ensayo de aptitud.
- Los participantes que presentan un desempeño insatisfactorio y cuestionable deben realizar un análisis crítico en la evaluación de sus resultados a fin identificar las posibles causas y tomar acciones correctivas según su sistema de calidad.
- Se recomienda, cuando sea posible, el uso de materiales de referencia certificados, uso de materiales de control de calidad, entre otros, según lo recomendado en la norma ISO/IEC 17025 para el aseguramiento de la calidad de las mediciones.
- Se sugiere en todos los casos, la validación del método de ensayo, la implementación de un procedimiento de control interno de calidad, el control metrológico de los equipos.
- Se recomienda realizar una evaluación del sesgo de las mediciones con el fin de tomar acciones de mejora que puedan ayudar a corregir los errores sistemáticos asociados a una medición.
- Se recomienda la participación rutinaria en Rondas de Ensayos de Aptitud con el fin de demostrar su mejora o para demostrar la permanencia de su buen desempeño. La Unidad de Metrología Química y el Comité Científico Técnico agradecen el interés y la colaboración de los participantes en la realización de este Ensayo de Aptitud.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ISO/IEC 17043:2023. "Conformity assessment – General requirements for the competence of proficiency testing providers".

ISO 13528:2022. "Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons".

DMIC-EA-PE-001/F06	FORMULARIO	
V.02	INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE APTITUD	
Página 25 de 25	Vigente desde: 2024-10-15	N° de Registro: 09/2025

ISO 22117:2019 Microbiology of the food chain — Specific requirements and guidance for proficiency testing by interlaboratory comparison.

NB/ISO/IEC 17025:2018. "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración".

Thompson, M., Ellison, S. L., & Wood, R. (2006). The international harmonized protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry, 78(1), 145-196

Guía para la expresión de la incertidumbre de medida. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, OIML. Organización Internacional de Normalización, impresa en Suiza, ISBN 92-67-10188-9, primera edición, 1993. Corregida y reimpressa en 1995.

ISO 33405:2024. Reference materials – Approaches for characterization and assessment of homogeneity and stability.